Вопросы:
ЭПР
LS vs JJ
Как раз и навсегда запомнить, где какие полиномы используются?
Ширина уровней
Что такое случайное вырождение?
Нормировка СФ импульса
Квазистационарность

ЭПР (Электронно-Парамагнитный Резонанс) – поглощение средой излучения на определённых частотах, обычно сверхвысоких (СВЧ, сверхвысоких частотах).
Связан с тем, что излучение идёт на возбуждение атомов и повышения их M_J с –J вплоть до J.
Естественно, тогда частота излучения должна быть такой, чтобы вызвать поднятие уровней. Поэтому и резонанс. А парамагнитный он потому, что вещество, поглощающее излучение, должно быть парамагнетиком.
Собственно, привет микроволновкам, в них как раз за счёт поглощения излучения нагревается жрачка.

LS vs JJ
Помните, когда мы искали термы, мы искали полный момент импульса электронной оболочки (L), который мы записывали потом буквой, а также полный спин электронный оболочки (S), мультиплетность от которого 2S+1 писали сверху?
Мы предполагали, что у каждого атома мы можем подсчитать L и S. Это т.н. LS-связь.
Однако это не всегда так.
В атомах с малым Z (<27) это так, а вот при больших – уже нет. Они считаются по другому.
Вместо того, чтобы считать у каждого электрона l и s, а затем суммировать, мы суммируем l+s от каждого электрона, получаем j каждого электрона, а затем суммируем уже j. Много jшек у нас там будет. J=j1+j2+j3+… Это и будет приближение JJ-связи.
Для особо продвинутых сообщу, что LS рулит, когда электрическое взаимодействие электронов больше, чем их спиновое, а JJ – когда наоборот.
Для расчёта термов используются, разумеется, атомы с LS-приближением: в начале таблицы Менделеева, а не ближе к концу.

Все задачи на поиск термов и состояний, которые вы решаете в течение семестра, решаются в приближении LS связи.

Как раз и навсегда запомнить, где какие полиномы используются?
Полиномы Лежандра определены на [-1..1]. В сферических функциях cos θ меняется от -1 до 1. Поэтому там именно присоединённые ф-ции Лежандра.
Полиномы Лаггера определены на [0..+8). Для радиальной части ВФ атома водорода $r/r_{\text{боровский радиус}}$ меняется от 0 до бесконечности. Поэтому там как раз будет в тему Лаггер.
Полиномы Эрмита определены на (-8…+8). В гармоническом осцилляторе x/a меняется от как раз от (-8…+8) (амплитуда может быть произвольной, даже совсем далеко есть ненулевая вероятность засечь частицу, в отличие от классики). Поэтому там – полиномы Эрмита.

Ширина линий
Рисуя линии энергий, мы привыкли их рисовать бесконечно тонкими. Так вот, это неправда. Бесконечно тонкая среди них только одна – самая нижняя. Все остальные имеют конечную ширину:

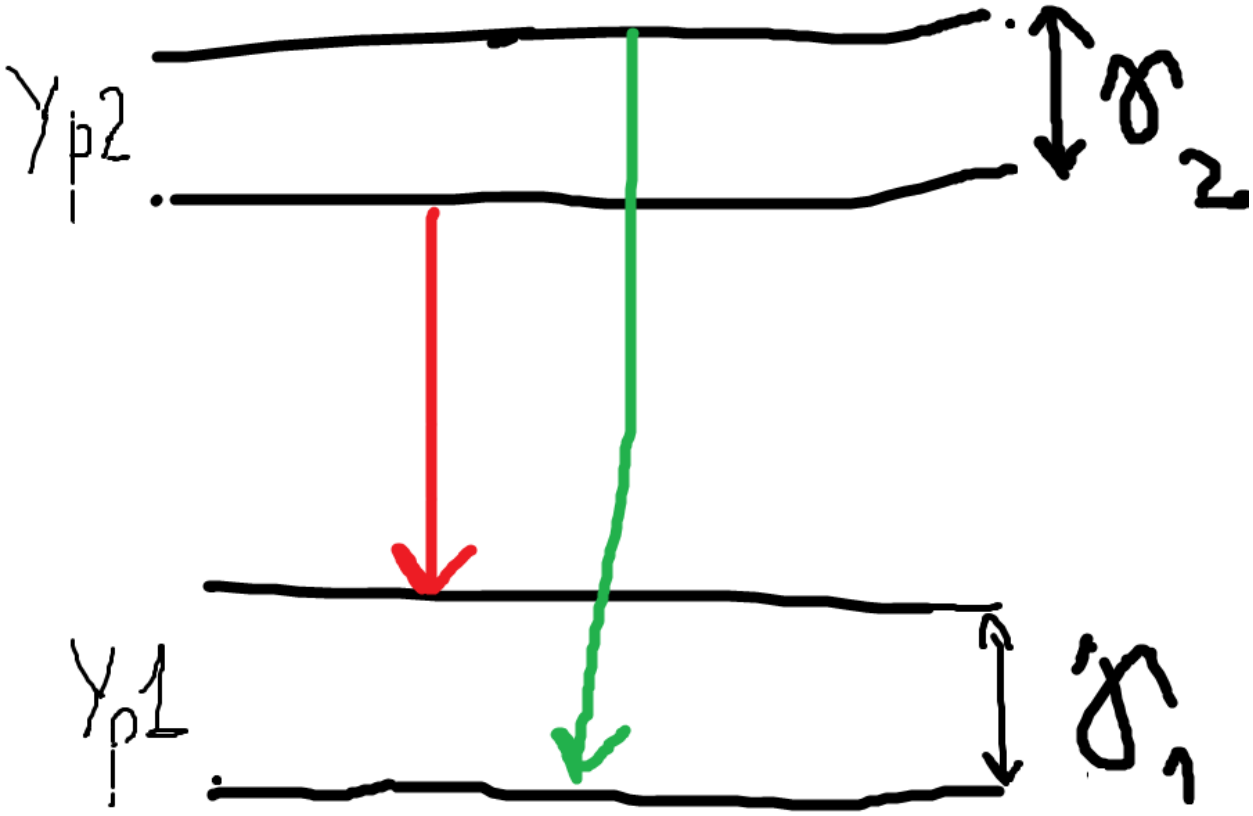
ΔE – ширина уровня. Для неё выполняется вот такое соотношение:

$$\Delta E \cdot t^{\text{ср}}_{\text{жизни}} = \hbar$$

t – среднее время жизни частицы на этом уровне.
Для ground state это бесконечность, соответственно, ширина ΔE для него 0.

Из-за этой ширины конечны и пики в спектрографе. Там не дельта-функции, а пики конечной ширины. Эту ширину даже можно подсчитать.

Рассмотрим два уровня и переход между ними:



Почему-то ширины уровней принято обозначать буквами «гамма».

Красная стрелка соответствует наиболее энергичному переходу, зелёная – наименее энергичному. Разница между ними:

Есть сумма лямбд, которую мы и увидим в спектрографе.

Если $\gamma_1=0$ (нижний уровень стабилен), то будет просто $\gamma_2=0$.

Что такое случайное вырождение? (говорили, что было в билетах, мне влом проверять, да и могут спросить как допвопрос)

Решая задачу об атоме водорода, мы пришли к результату: энергия зависит лишь от главного квантового числа n, и не зависит от m и l. Случайно ли это? А это вопрос хороший. Когда кванты только зарождались, люди подумали, что это случайно (потому что в общем случае должна быть зависимость от n,l,m. Вы когда на ММФ писали собственные значения, у вас там λ_{nlm} зависят и от n, и от l, и от m) – и так и назвали.

А потом пришли теоретики со своей теорией групп и сказали, что это не случайность, это можно было предсказать (правда, теория групп примерно в стопицот раз сложнее вывода атома водорода, но это неважно). Но термин так и остался.

Как устроена нормировка СФ оператора проекции импульса?

Решим задачу о поиске СФ оператора импульса:

$$-i\hbar \frac{\partial \varphi(x)}{\partial x} = p\,\varphi(x)$$

$$\varphi'(x) = \frac{p\,i}{\hbar}\varphi(x)$$

$$\varphi(x) = C_p \exp\left(\frac{p\,i\,x}{\hbar}\right)$$

Получаем непрерывный спектр СФ, каждая со своим СЗ p.

Казалось бы, всё ОК. Но теперь давайте попробуем их нормировать:

$$1 = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi^*(x)\varphi(x)\,dx$$

$$1 = \int_{-\infty}^{\infty} C_p^* \exp\left(-\frac{pix}{\hbar}\right) C_p \exp\left(\frac{pix}{\hbar}\right) dx$$

$$1 = \int_{-\infty}^{\infty} C_p^* C_p\, dx$$

И несобственный интеграл расходится.

Дело в том, что у СФ необычная нормировка – т.н. на дельту-функцию:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \varphi^*(x)\cdot\delta(x)\varphi(x)\,dx = 1$$

Или, что то же самое,

$$\varphi^*(x)\varphi(x) = 0$$

Подставляя сюда φ(x), получим

$$\varphi^*(x)\varphi(x) = 1$$

$$C_p^* C_p = 1 \Leftrightarrow |C_p| = 1$$

Если теперь обозначить

$$C_p = e^{i\varphi}$$

То окончательный вид для уже нормированных СФ оператора импульса будет

$$\varphi_p = \exp\left(i\left(\frac{px}{\hbar} + \varphi\right)\right)$$

Квазистационарность

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.В.ЛОМОНОСОВА
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

№ экз. билета **10**

Наименование дисциплины **Атомная физика**

1. Общие принципы описания многоэлектронных атомов. Одноэлектронное состояние. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация.

2. Квазистационарное состояние. Ширина уровня и время распада.

Подробно см. тут http://anti-moda.ru/kvanteor7/8.%20Резонансы.pdf